
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2007/2008
*Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2007/2008*

April 2008
April 2008

EMM 322/3 – Noise & Vibration
Hingar & Getaran

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:

ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **EIGHT (8)** printed pages, **THREE (3)** pages appendix and **SIX (6)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN (8)** mukasurat bercetak, **TIGA (3)** mukasurat lampiran dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FIVE (5)** questions.

*Jawab **LIMA (5)** soalan.*

Appendix/Lampiran :

- | | |
|---|--------------------|
| 1. Fundamental Equations in Vibration | [1 page/mukasurat] |
| 2. Figure Q5[b] : Equal Loudness Curves | |
| Table Q5[c] : Attenuation associated with weighting filters | [1 page/mukasurat] |
| 3. Table Q6[b] : Sound absorption coefficient | |
| Figure Q6[b] : Optimum Reverberation Time at 500 Hz | |
| Table Q6[b] : Optimum Reverberation Time T/T_{500} | [1 page/mukasurat] |

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

- Q1. [a] Consider the translational vibrations of a small rigid lathe along the cutting direction. A model of this system has a stiffness element $k = 20 \times 10^6$ N/m, an inertia element $m = 22.5$ kg, and a damping coefficient $c = 21205$ Ns/m. Derive the free response of this system for a 5 mm initial displacement and zero initial velocity.**

Pertimbangkan getaran peralihan sepanjang arah potongan sebuah mesin pelarik kecil. Sebuah model bagi sistem ini mempunyai unsur kekakuan $k = 20 \times 10^6$ N/m, unsur inersia $m = 22.5$ kg, pekali redaman $c = 21205$ Ns/m. Terbitkan tindak balas bebas sistem ini bagi anjakan awal 5 mm dan halaju awal sifar.

(50 marks/50 markah)

- [b] An air compressor with a total mass of 100 kg is operated at a constant speed of 2000 rpm. The unbalanced mass is 4 kg and the eccentricity is 0.12 m. The air compressor is mounted such that the damping ratio is 0.15 :**

- (i) Determine the spring stiffness the mounting must have so that only 20 percent of the unbalance force is transmitted to the foundation.**
- (ii) Amplitude of the transmitted force.**

Sebuah pemampat udara dengan jisim keseluruhan 100 kg dijalankan pada kelajuan malar 2000 psm. Jisim tidak seimbang ialah 4 kg dan kesipian ialah 0.12 m. Pemampat udara diletakkan sebegitu rupa dengan mempunyai nisbah redaman 0.15:

- (i) Tentukan kekenyalan spring yg diperlukan oleh cagak supaya hanya 20 peratus daripada daya tak seimbang dihantarkan ke tapak.*
- (ii) Amplitud daya yang terhantar.*

(50 marks/50 markah)

- Q2. [a] An industrial machine of 300 kg is mounted on a massless support by spring of stiffness 40 kN/m and a damper of unknown damping coefficient. The machine is observed to vibrate with 10 mm-amplitude due to the vibrating support, which has a maximum amplitude of 2.5 mm at resonance.**

- (i) Determine the damping constant of the system.**
- (ii) Determine the amplitude of the force on the base.**

Sebuah mesin industri dengan nilai jisim 300 kg diletakkan ke atas penyokong tanpa jisim dengan kekakuan 40 kN/m dan peredam yang tidak diketahui nilai pekali redaman. Mesin itu dilihat bergetar dengan amplitud 10 mm disebabkan oleh penyokong getaran, yang mana mempunyai nilai amplitud maksima 2.5 mm pada resonans.

- (i) Tentukan pekali redaman bagi sistem.*
- (ii) Tentukan amplitud daya ke atas tapak.*

(40 marks/40 markah)

- [b] A motorcycle travels on a road whose profile can be approximated with a sinusoidal function given by Figure Q2[b] where the wavelength L is 7 m and the amplitude Y is 2 cm. The equivalent mass of the motorcycle is 100 kg, the spring stiffness is 5 kN/m, and the damping coefficient is 50 Ns/m.

- Determine the speed where the motorcycle has the largest vertical displacement.
- Determine the amplitude of the vibration if the motorcycle travels at 60 km/h.

Sebuah motosikal melalui sebatang jalan yang mempunyai profil yang boleh dianggarkan mempunyai fungsi bentuk sinus seperti yang tertera di dalam Rajah S2[b], di mana panjang gelombang L ialah 7 m dan amplitud Y 2 cm. Jisim setara bagi motosikal ialah 100 kg, ketegaran spring 5 kN/m, dan pekali redaman 50 Ns/m.

- Tentukan kelajuan di mana motosikal mengalami anjakan tegak maksima.*
- Tentukan amplitud getaran jika motosikal bergerak dengan laju 60 km/j.*

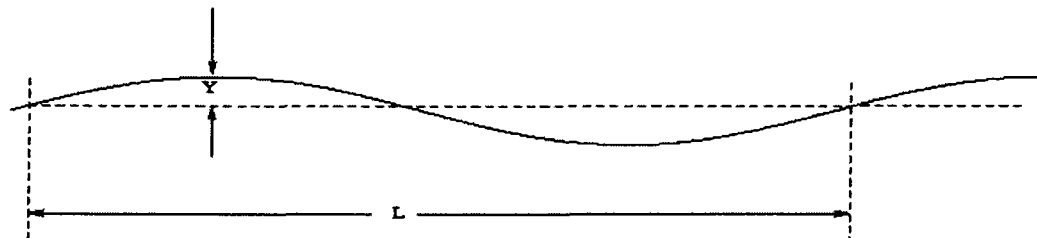


Figure Q2[b]
Rajah S2[b]

(60 marks/60 markah)

- Q3. [a] A model of a vehicle suspension system is given in Figure Q3[a] with the following properties: mass of car is 2000 kg; mass of tyre is 50 kg; stiffness of car spring is 10^3 N/m; and stiffness of tyre is 10^4 N/m. Ignore the mass of the car spring.

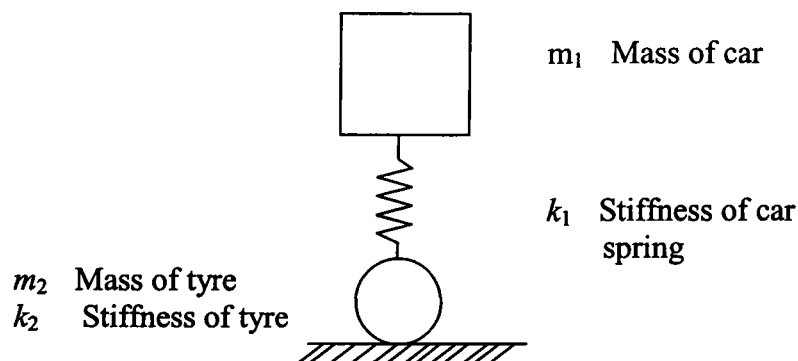


Figure Q3[a]
Rajah S3[a]

- (i) Draw free body diagram of m_1 (mass of car) and m_2 (mass of tyre)

Determine:

- (ii) the equations of motions for m_1 and m_2
- (iii) the stiffness matrix and the mass matrix
- (iv) the characteristic equation of the system
- (v) the natural frequencies of the system
- (vi) the amplitude of vibration of the car mass if a harmonic force $F_t = 0.01 \sin t$ acts on the tyre.

Sebuah model bagi sistem gantungan kenderaan diberikan dalam Rajah S3[a] dengan ciri-ciri berikut: jisim kereta 2000 kg; jisim tayar 50 kg; kekakuan spring kereta 10^3 N/m; kekakuan tayar 10^4 N/m. Abaikan jisim spring kereta.

- (i) Lukis rajah badan bebas m_1 (jisim kereta) dan m_2 (jisim tayar)

Tentukan:

- (ii) persamaan-persamaan pergerakan bagi m_1 and m_2
- (iii) matriks kakuan dan matriks jisim
- (iv) persamaan ciri
- (v) frekuensi-frekuensi jati sistem.
- (vi) Amplitud getaran jisim kereta jika daya harmonik $F_t = 0.01 \sin t$ bertindak ke atas tayar.

(70 marks/70 markah)

- [b] Figure Q3[b] shows a 2-dof system for a dynamic vibration absorber (DVA) where the amplitude of vibration of mass 1, X_1 is to be minimized.

- (i) Sketch the response plot of X_1/δ_{st} versus the frequency ratio ω/ω_1 where δ_{st} is the static deflection of mass 1 and ω_1 is the natural frequency of the primary system.
- (ii) Based on your sketch in (i), describe one drawback of the DVA.

Rajah S3[b] menunjukkan sistem 2 darjah kebebasan bagi peyerap getaran dinamik di mana amplitud getaran jisim 1, X_1 , akan dikurangkan ke tahap minimum.

- (i) Lakarkan plot sambutan X_1/δ_{st} lawan nisbah frekuensi ω/ω_1 di mana δ_{st} ialah anjakan statik jisim 1 dan ω_1 ialah frekuensi jati sistem utama.
- (ii) Berdasarkan lakaran anda, terangkan satu kekurangan penyerap getaran dinamik.

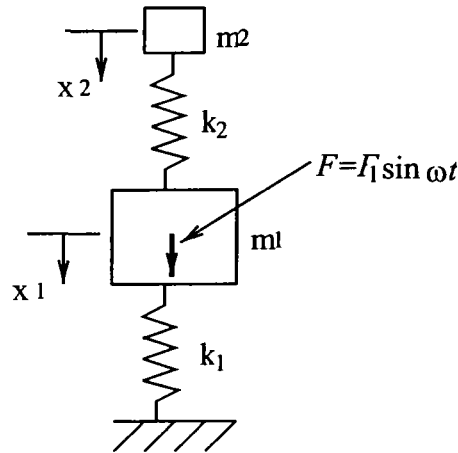


Figure Q3[b]
Rajah S3[b]

(30 marks/30 markah)

- Q4. [a] A measurement of acoustic pressure is shown in Figure Q4[a]. If the wave that travelling in air is represented as $p(x,t) = Ae^{j(\omega t - kx)}$, determine the amplitude A , angular velocity ω , wave number k , wavelength λ and the sound pressure level (SPL).

Satu pengukuran tekanan akustik ditunjukkan dalam Rajah Q4[a]. Jika gelombang itu bergerak dalam udara diwakilkan sebagai $p(x,t) = Ae^{j(\omega t - kx)}$, tentukan amplitud A , halaju sudut ω , nombor gelombang k , panjang gelombang λ dan paras tekanan bunyi (SPL).

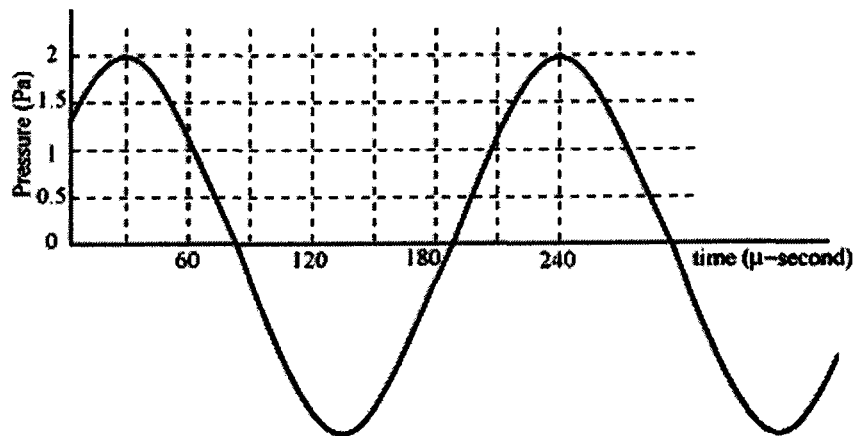


Figure Q4[a]
Rajah S4[a]

(50 marks/50 markah)

- [b] A plane wave in air has intensity of 10 W/m^2 . Calculate the force on a perfectly reflecting wall of area 10 m^2 due to impact of the wave on the surface of the wall.

Satu gelombang satah di udara mempunyai keamatan 10 W/m^2 . Kirakan daya pada permukaan 10 m^2 yang memantul dengan sempurna selepas hentaman gelombang pada permukaan dinding itu.

(20 marks/20 markah)

- [c] Explain the characteristics of noise generated from internal combustion engines, the exhaust of jet engine, pneumatic chipping and stamping machine.

Terangkan ciri-ciri hingar yang terhasil daripada enjin pembakaran dalam, ekzos enjin jet, penyerpih pneumatik dan mesin penekan.

(30 marks/30 markah)

- Q5. [a] An air-condition unit operates with an intensity level, $IL = 73 \text{ dB}$. If it is operated in a room with an ambient $IL = 68 \text{ dB}$, calculate the resultant IL .

Sebuah penyaman udara beroperasi dengan paras keamatan, $IL = 73 \text{ dB}$. Jika ia digunakan di dalam bilik dengan paras keamatan sekitar, $IL = 68 \text{ dB}$, kirakan paras keamatan paduan.

(20 marks/20 markah)

- [b] Explain the relation between hearing sensitivity and sound frequencies based on equal loudness curves in Appendix 2.

Huraikan hubungan antara kepekaan pendengaran dan frekuensi bunyi berdasarkan lengkungan sama kenyaringan pada Lampiran 2.

(40 marks/40 markah)

- [c] A result of the A-weighted sound pressure level measurement is shown in Figure Q5[c]. Determine the C-weighted sound pressure level for all components

Satu keputusan pengukuran paras tekanan bunyi dengan pemberat-A ditunjukkan dalam Rajah S5[c]. Tentukan paras tekanan bunyi dengan pemberat-C bagi semua komponen.

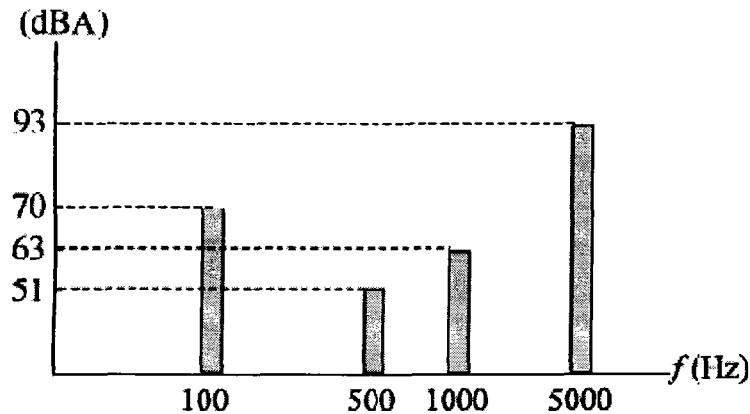


Figure Q5[c]
Rajah S5[c]

(40 marks/40 markah)

- Q6. [a] Based on the analysis of the direct and reverberant fields, the root mean square sound pressure at a distance r from the source is given by $p_{rms}^2 = W \rho_0 c_0 \left(\frac{4}{R} + \frac{Q}{4\pi r^2} \right)$, where W is sound power from the source, $\rho_0 c_0$ is the characteristic impedance, Q is directivity factor and R is room constant. Using this equation, derive an expression of the sound pressure level in terms of the sound power level. Also, explain two important observations from the derived expression.

Berdasarkan analisis medan terus dan medan gema, tekanan punca min kuasa dua bunyi pada jarak r dari sumber diberikan oleh

$$p_{rms}^2 = W \rho_0 c_0 \left(\frac{4}{R} + \frac{Q}{4\pi r^2} \right), \text{ dimana } W \text{ ialah kuasa bunyi dari sumber, } \rho_0 c_0$$

ialah impedans ciri, Q ialah faktor pengarah dan R ialah pemalar ruang. Menggunakan persamaan ini, terbitkan ungkapan paras tekanan bunyi dalam sebutan paras kuasa bunyi. Seterusnya, terangkan dua pemerhatian penting daripada ungkapan yang diterbitkan.

(40 marks/40 markah)

- [b] A $(10 \times 25 \times 4) \text{ m}^3$ room has to be used as a lecture room for 200 people. It has two 4 m^2 doors made of thick wood, and 16 glass windows that always open with size of 1.5 m^2 each. Other surfaces are made from concrete. (See Appendix 3)
- Determine the reverberation time for 500 Hz and 1000 Hz.
 - Explain whether the room is suitable for lecture if there is no acoustic correction.

Sebuah bilik berukuran $(10 \times 25 \times 4) \text{ m}^3$ akan digunakan sebagai bilik kuliah untuk 200 orang. Ada 2 pintu daripada papan tebal berukuran 4 m^2 setiap satu dan 16 tingkap cermin yang sentiasa dibuka berukuran 1.5 m^2 setiap satu. Permukaan-permukaan lain adalah daripada konkrit. (Lihat Lampiran 3)

- (i) Tentukan masa gemaan bagi 500 Hz dan 1000 Hz.*
- (ii) Nyatakan sama ada bilik ini sesuai untuk syarahan jika tiada pembetulan akustik dilakukan.*

(60 marks/60 markah)

LAMPIRAN 1

Fundamental Equations in Vibration

$$1. \quad x(t) = e^{-\zeta\omega_n t} (A_1 \cos(\omega_d t) + A_2 \sin(\omega_d t)); \quad \omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n.$$

$$2. \quad x_p = X \sin(\omega t - \phi)$$

$$X = \frac{F_0 / k}{\left[(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2 \right]^{1/2}}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{2\zeta r}{1 - r^2}$$

$$3. \quad \frac{F_T}{kY} = r^2 \left[\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2}$$

$$4. \quad TR = \left[\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2}$$

$$5. \quad \frac{mX}{m_0 e} = \frac{r^2}{\left[(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2 \right]^{1/2}}$$

$$6. \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$$

$$\det(\mathbf{A}) = ad - bc$$

$$\mathbf{A}^{-1} = \frac{1}{\det(\mathbf{A})} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

LAMPIRAN 2

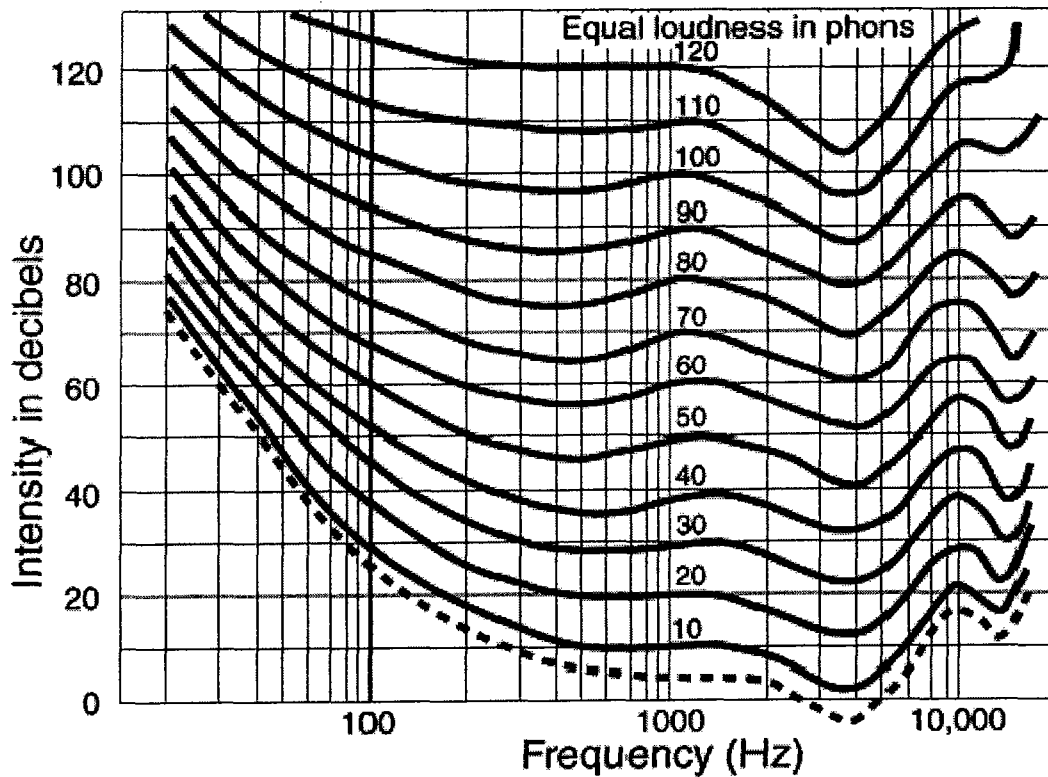


Figure Q5[b]: Equal Loudness Curves

Rajah Q5[b]: Lengkungan Sama Nyaring

Table Q5[c]: Attenuation associated with weighting filters

Jadual Q5[c]: Pengecilan berkaitan tapis memberat

Frequency (Hz)	A weighting (dB)	B weighting (dB)	C weighting (dB)
10	-70.4	-38.2	-14.3
25	-44.7	-20.4	-4.4
50	-30.2	-11.6	-1.3
100	-19.1	-5.6	-0.3
250	-8.6	-1.3	0
500	-3.2	-0.3	0
800	-0.8	0	0
1000	0	0	0
2000	+1.2	-0.1	-0.2
2500	+1.3	-0.2	-0.3
4000	+1.0	-0.7	-0.8
5000	+0.5	-1.2	-2.0
8000	-1.1	-2.9	-3.0

LAMPIRAN 3

Table Q6[b] Sound absorption coefficient
Jadual S6[b] Pekali penyerapan bunyi

Bahan	Pekali penyerapan α		
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Konkrit	0.01	0.02	0.02
Papan tebal	0.18	0.10	0.07
Cermin	0.06	0.04	0.03
Orang dengan kerusi kayu	0.15	0.40	0.45

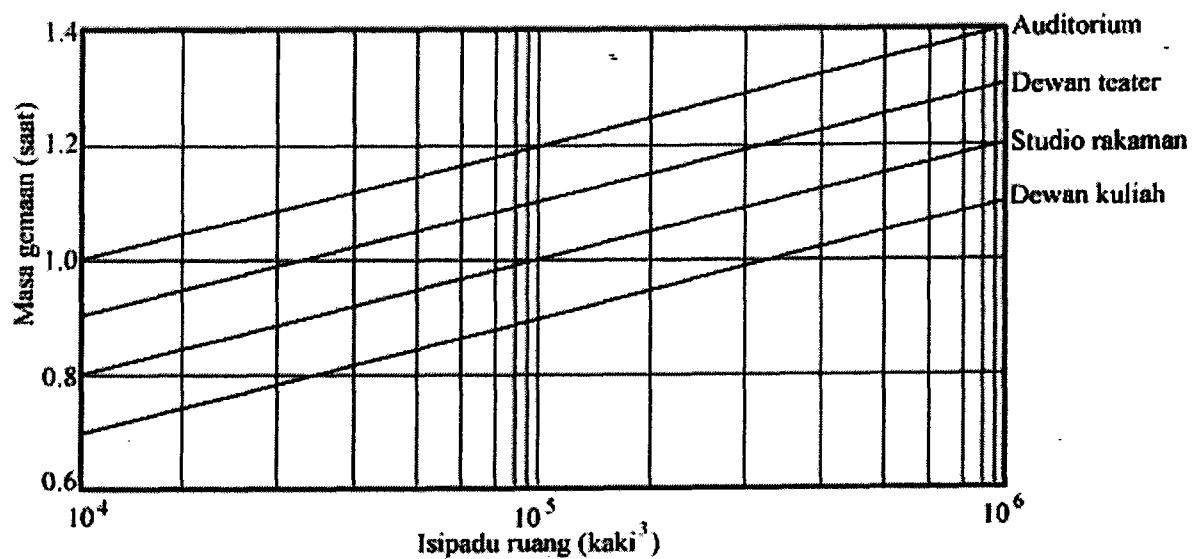


Figure Q6[b]: Optimum Reverberation Time at 500 Hz
Rajah Q6[b]: Masa Gema Optimum pada 500 Hz

Table Q6[b]: Optimum Reverberation Time T/T_{500}
Jadual Q6[b]: Masa gema optimum T/T_{500}

Frekuensi (Hz)	250	500	1000	2000
T/T_{500} (Ucapan)	1.0	1.0	1.0	1.0
T/T_{500} (Muzik)	1.2	1.0	0.95	0.9